

Requested Patent: JP6269096A
Title: SOUND IMAGE CONTROLLER ;
Abstracted Patent: JP6269096 ;
Publication Date: 1994-09-22 ;
Inventor(s): NISHIKAWA HARUKO ;
Applicant(s): OLYMPUS OPTICAL CO ;
Application Number: JP19930054151 19930315 ;
Priority Number(s): JP19930054151 19930315 ;
IPC Classification: H04S1/00; H04S7/00 ;
Equivalents: ;

ABSTRACT:

PURPOSE: To simplify of a configuration controller, to facilitate the control and to realize a far and near sense by one system circuit by controlling a sense of distance through the use of an sense characteristic of a human being.

CONSTITUTION: A white level noise from a sound source 11 becomes a band noise via a BPF 12 and fed to an amplifier 13, and reproduced at a speaker 14. A center frequency of the BPF 12 is changed to evaluate a psychological distance sense of a sound image of the reproduction sound at every center frequency of the BPF 12. When a pass band of the BPF 12 is set to a specific frequency (6kHz-10kHz), a listener 15 feels a sound image to be smaller than an actual distance such as 1m or below. Thus, the characteristic of a sense of human being is utilized to emphasize or attenuate the band of the center frequency of 6kHz-10kHz thereby controlling a sense of psychological distance.

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-269096

(43)公開日 平成6年(1994)9月22日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 S	1/00	K 8421-5H		
	7/00	F 8421-5H		
		C 8421-5H		

審査請求 未請求 請求項の数1 OL (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平5-54151

(22)出願日 平成5年(1993)3月15日

(71)出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72)発明者 西川 治子

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

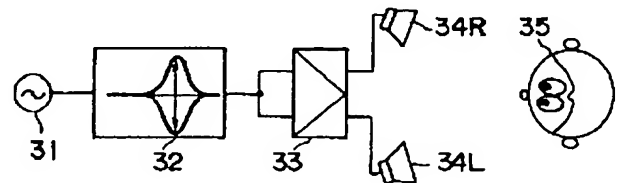
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54)【発明の名称】 音像制御装置

(57)【要約】

【目的】簡単な構成でかつ簡単な制御で、適切な距離感の呈示を可能にする遠近感を実現する3次元音像制御装置を提供する。

【構成】モノーラルまたは2チャンネル以上のステレオ信号を2つの音響変換器により再生する装置において、音響信号源31と、この音響信号源31からの出力信号の特定周波数の帯域のみを強調あるいは減衰させるとともに、その強調量あるいは減衰量を可変できるアッテネータ手段32とを具備する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 モノラルまたは2チャンネル以上のステレオ信号を2つの音響変換器により再生する装置において、

音響信号源と、

この音響信号源からの出力信号の特定周波数の帯域のみを強調あるいは減衰させるとともに、その強調量あるいは減衰量を可変できるアッテネータ手段と、を具備したことを特徴とする音像制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、音響信号を用いて3次元音場を提供しようとするもので、特に、音像までの心理的距離感を制御する3次元音像制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】音像の水平方向を制御して音像の位置を制御して臨場感を高めることは、映画やステレオ再生などでよく知られている。迫力や臨場感をさらに高めるためには、音像の心理的な距離感を制御することも必要である。

【0003】また、最近では、視覚的に外界と遮断できる映像表示装置を用い、別の空間を体験できる3次元空間再現システムを実用化しようとする試みが進められている。

【0004】この3次元空間再現システムの一例としては、映像を表示するためのHMD（Head Mounted Display）と呼ばれる顔面に装着できる小型映像表示装置と、音響信号を呈示するためのヘッドホン受聴装置と、映像信号と音響信号を供給および制御するための装置とから成るシステムが挙げられる。

【0005】このシステムのメリットは視覚的に外界と遮断しながら、立体的な映像を表示することが可能であるため、心理的に他の空間に導くことが容易であり、いながらにして他の空間を仮想体験できることにある。

【0006】しかし、立体的な映像を表示すると同時に音響信号も立体化しないと、映像が前方遠くにあるときも、前方近くにあるときも同じ音響信号が呈示され、映像と音像の空間位置の分離が生じ、自然な空間再現が損なわれるという問題がある。そこでこのような3次元空間再現システムでも、音像の心理的な距離感を制御することが必要となる。

【0007】さらにスピーカ再生用の音響信号をそのままヘッドホンで受聴すると、音像は受聴者の頭内に定位するという特異現象が生じ、非常に不自然になるという課題がある。それを解消するために音像の距離感を大きくするような処理が必要となる。

【0008】音像の心理的距離感は、残響音の性質と係わっていることが音響工学の分野で明かにされており、直接音に対する残響音の音響エネルギー密度比や残響時間の勾配、両耳間における音圧信号相関度の両耳間にお

ける相関係数などを制御することにより、聴取者から音像までの心理的距離感を制御するような音像制御装置もいくつか提案されている。

【0009】図12は特公昭56-2839号から引用したバイノーラル録音再生方式についての説明図で、直接音に対する残響音の音響エネルギー密度比を変化させることにより音像の距離感を制御しようとするものである。

【0010】この装置は、音源91、マイクロホン92、増幅器93、狭指向性スピーカ94、広指向性スピーカ95、スピーカの入力電圧を可変するための可変抵抗96a、96b、ダミーヘッド97、ダミーヘッドの両耳道内に配置されたマイクロホン98R、98L、ヘッドホン99とから構成されている。

【0011】音源91は直接音だけの録音（無響室録音など）を使用し、狭指向性スピーカ94および広指向性スピーカ95の入力電圧の比を変化することによって、直接音に対する残響音の音響エネルギー密度比を変化させる。それを両耳道にマイクロホン98R、98Lを装備されたダミーヘッド97によって録音し、ヘッドホン受聴することにより、距離感を制御しようとするものである。

【0012】図13は特開昭55-66200号から引用した音像制御装置についての説明図である。この装置は、右チャンネルの残響合成装置101Rと左チャンネルの残響合成装置101Lとから成り、左右各チャンネルの残響合成装置は、それぞれアッテネータおよび遅延回路からなる前段残響合成回路102F、103Fと後段残響合成回路102B、103Bとにより構成されている。

【0013】この装置において、それぞれアッテネータのゲインや遅延時間を制御することにより、受聴者の両耳位置における残響音のエネルギー、残響時間の勾配、両耳間における音圧信号相関度の各物理パラメータのうちの少なくとも1つを変化させ、音像までの心理的距離感を制御しようとするものである。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】このように受聴者の両耳位置における残響音対直接音エネルギー密度比や、残響時間の勾配、両耳間における音圧信号相関度等の物理パラメータを制御することにより、ある程度の距離感の制御が可能となる。

【0015】しかし、特公昭56-2839号のようなバイノーラル録音再生方式においては、ヘッドホン受聴特有の特異現象、つまり音像が受聴者の頭内もしくは頭部のごく近傍に定位する傾向が完全には無くならず、自然な距離感を得られない。

【0016】また、特開昭55-66200号のような、残響音のエネルギー、残響時間の勾配、両耳間における音圧信号相関度の各物理パラメータのうちの少なくとも1つを

とも1つを変化させる方式では、2系統の残響の付加が必要で、制御が複雑、高価になるという欠点がある。さらに、スピーカを用いて再生する時は、スピーカの位置よりも受聴者の近くに音像を定位させることができず、リアリティや迫力が十分ではなかった。

【0017】以上述べてきたように、従来の方法は、スピーカ受聴・ヘッドホン受聴するときの残響音の性質を実際の音源を聴くときの残響に近似させるという物理現象を模擬するものであった。

【0018】音響工学の分野において、聴覚上の特徴として、呈示音の周波数と音像の定位方向との間に関係があり、周波数によって、定位しやすい方向のあることが明らかになっている。例えば、1kHzを中心とする帯域雑音をパルス状に短時間呈示すると、後方から聞こえやすいという特徴がある。このため、1kHz付近の電子音を呼び出し音に使っている電話機では、前方の電話機で呼び出し音が鳴っていても、後方で鳴っているかのように聴こえるという現象がおこる。以上のように、従来の研究により周波数と定位方向との間に関係のあることが、明らかになっている。しかしながら、これまで、周波数と心理的距離感との関係については知られていなかった。

【0019】本発明の音像制御装置はこのような課題に着目してなされたものであり、その目的とするところは、人間の聴覚上の特性を用いて距離感を制御することによって、簡単な構成でかつ簡単な制御で、適切な距離感の呈示を可能にする遠近感を実現する音像制御装置を提供することにある。

【0020】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明の音像制御装置は、モノラルまたは2チャンネル以上のステレオ信号を2つの音響変換器により再生する装置において、音響信号源と、この音響信号源からの出力信号の特定周波数の帯域のみを強調あるいは減衰させるとともに、その強調量あるいは減衰量を可変できるアッテネータ手段とを具備する。

【0021】

【作用】すなわち、本発明の音像制御装置においては、モノラルまたは2チャンネル以上のステレオ信号を2つの音響変換器により再生する場合において、音響信号源からの出力信号の特定周波数の帯域のみを強調あるいは減衰させるとともに、その強調量あるいは減衰量を可変させる。

【0022】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例を説明する。

【0023】まず、本実施例の概略を説明する。本発明者は、周波数と心理的距離感との間の関係に着目して、以下に説明するような実験を行った。すなわち、図1において、11は白色雑音源、12はバンドパスフィルタ、13は増幅器、14は聴取者15の正面前方2mに配置されたスピーカを示す。図1において、白色雑音源11で発生した白色雑音はバンドパスフィルタ12を通り、帯域雑音となって増幅器13に印加され、スピーカ14で再生される。図1において、バンドパスフィルタ12の中心周波数を変化させ、再生音の音像の心理的距離感をバンドパスフィルタ12の中心周波数毎に評価した結果を図2に示す。

【0024】図2は被験者3名の評価結果であり、横軸はバンドパスフィルタ12の中心周波数、縦軸は音像の心理的距離感を示し、評価結果の度数を円の大きさに示している。図2から明らかなように、バンドパスフィルタ12の通過帯域が特定周波数、すなわち6kHz～10kHzに設定された時には、スピーカ14が聴取者15の正面前方2mにありながら、聴取者15は音像を実際の距離より小さく1m以下に感じる傾向が見られる。特に8kHzに設定した時には、聴取者15の耳元に音像を感じている。

【0025】以上まとめると、音像の距離感は呈示音の周波数に密接に関係があり、中心周波数6～10kHzの音は、聴取者15の距離感が小さくなる特徴的な帯域であることがわかる。

【0026】本実施例はこの点に着目したもので、残響音の性質といういわば物理パラメータを模擬するのではなく、人間の聴覚上の特徴を利用し、具体的には中心周波数6～10kHzの帯域を強調あるいは減衰させることにより心理的な距離感の制御を可能にするものである。さらに、スピーカ14を用いて再生する時に、スピーカ14の位置よりも聴取者15の近くに音像を定位させることを可能にするものである。

【0027】図3は、本発明の第1の実施例における3次元音像制御装置全体の構成を示すものである。本実施例における音像制御装置は、音響信号源31と、アッテネータ32と、増幅器33と、スピーカ34R、Lとから構成されている。

【0028】アッテネータ32は、例えば図4に示すようなバンドエリミネートフィルタ45とスイッチ44とから構成され、バンドエリミネートフィルタ45はバンドパスフィルタ41、反転器42、加算器43とから構成される。

【0029】入力信号はバンドパスフィルタ41と反転器42とに接続されており、バンドパスフィルタ41と反転器42の出力が加算器43に接続され、バンドパスフィルタ41の出力と加算器43の出力はスイッチ44に接続されている。バンドパスフィルタ41は抵抗値R1の可変抵抗411、抵抗値がそれぞれR2、R3の抵抗412、413、容量Cのコンデンサ414、415、演算増幅器416により構成されている。このようなバンドパスフィルタ41において、強調帯域の中心周波数f_cは、(1)式で表わすことができる。

$$f_c = Q / (\pi \cdot R3 \cdot C) \quad (1)$$

(ただし、Qはクオリティファクタ) また、利得は以下の(2)式に示すように可変抵抗器411の抵抗値R1を変えることにより、可変できる。

$$A = R3 / (2R1) \quad (2)$$

【0030】反転器42は、抵抗値がR4の抵抗421、422、演算増幅器423とで構成され、入力信号を反転した信号が出力される。加算器43は抵抗値がR5の抵抗431、432、433と演算増幅器434で構成され、バンドパスフィルタ41の出力と反転器42の出力と反転器42を加算している。バンドエリミネートフィルタ45の減衰帯域の中心周波数 f_c および利得はバンドパスフィルタ41の中心周波数、利得と同様に(1)(2)式で表される。

【0031】上記の構成より、アッテネータ32はスイッチ44の切り替えにより、バンドパスフィルタ41あるいはバンドエリミネートフィルタ45として動作する。スイッチ44がAに接続されている時にはバンドパスフィルタ41として動作する。逆に、スイッチ44がBに接続されている時にはバンドエリミネートフィルタ45として動作する。この回路の特性を図9に示す。次に、本実施例に示す3次元音場制御装置の具体的な動作と効果について説明する。

【0032】スイッチ44をAに接続し、可変抵抗器411の抵抗値R1を小さくすることにより、アッテネータ32をバンドパスフィルタ41として動作させ、 f_c を中心とした帯域を強調する。可変抵抗器411の抵抗値R1を小さくすることにより、強調量を多くし、さらに音像を近づけ、スピーカ位置よりも受聴者に近い耳もともにも定位させることができる。

【0033】反対に、スイッチ44をBに接続し、可変抵抗器411の抵抗値R1を小さくすることにより、アッテネータ32をバンドエリミネートフィルタ45として動作させ、 f_c を中心とした帯域を減衰させる。可変抵抗器411の抵抗値R1を小さくすることにより、減衰量を多くし、さらに音像を遠方に定位させることができる。このように人間の聴覚上の特性を利用することにより音像の距離感を変えることができるので、自然で臨場感のある3次元音場が実現できる。

【0034】図5は本発明の第2の実施例の構成を示す図であり、図5(a)は本実施例の装置を、映像と音響信号を用いた3次元空間再現システムへ適用した場合の全体の構成を示すものである。本実施例における3次元空間再現システムは、テレビ映像信号源50と、奥行き信号発生装置51と、高速位相変調器55R、55Lと、右眼用表示装置53Rと、左眼用表示装置53Lと、音響信号源54と、残響合成回路55と、アッテネータ56と、右耳用受話器57Rと、左耳用受話器57Lとから構成され、奥行き信号発生装置51は、アッテ

【0035】残響合成回路55の一例を図5(b)に示す。図5(b)において、551と552はゲインGの減衰器、553は遅延時間 τ を有する遅延素子、554、555は加算器を示す。図5(c)はこの残響合成回路55のインパルス応答を示す。

【0036】アッテネータ56は例えば、図6に示すバンドエリミネートフィルタ、すなわちバンドパスフィルタ61、反転器62、加算器63とで構成された(第1の実施例におけるアッテネータ32を常にスイッチBと接続させたような)回路でよく、奥行き信号発生装置51は、バンドパスフィルタ61の可変抵抗器611と接続されている。このバンドエリミネートフィルタの減衰帯域の中心周波数 f_c および利得は前出の(1)、

(2)式で与えられ、利得は、可変抵抗器611の抵抗値R1を変えることにより、可変できる。この回路の特性を図10に示す。

【0037】一般に、スピーカ用のステレオ信号をそのままヘッドホンで再生受聴すると、音像の距離感是非常に小さく、受聴者の頭内もしくは頭部のごく近傍に定位することが知られている。そのため本実施例のようなヘッドホンを利用する構成では、音像の距離感を大きくするように制御する。次に、本実施例に示す3次元空間再現システムの具体的な動作と効果について説明する。

【0038】テレビ映像信号源50から出力される映像信号は、高速位相変調器52R、52Lに入力される。そして奥行き信号発生装置51から出力される奥行き信号の振幅に応じて映像信号を水平走査期間内で位相変調し、映像の位置を水平に偏位させた2系統の映像信号を右眼用表示装置53Rと左眼用表示装置53Lに供給することにより、視差を作って映像の立体感を視聴者58に与える。

【0039】一方、音像の距離感については、奥行き信号発生装置51から出力される奥行き信号の振幅が大きいとき(映像の奥行き感が大きいとき)には、可変抵抗器R1の抵抗値を小さくすることにより、 f_c を中心とする帯域の減衰量を多くし、さらに音像を遠方に定位させることができる。

【0040】反対に、奥行き信号発生装置51から出力される奥行き信号の振幅が小さいとき(映像の奥行き感が小さいとき)には、可変抵抗器R1の抵抗値を大きくすることにより、 f_c を中心とする帯域の減衰量を小さくし、音像を近くに定位させることができる。

【0041】本実施例によれば、立体感のある映像と同時に用い、映像の距離情報を用いて音像の距離感を制御することにより、映像と音像の空間位置が一致し、自然で臨場感のある3次元空間が提供できる。さらにヘッドホン受聴時の音像の距離感を大きくことができ、頭内定位というヘッドホン特有の異常現象が解消し、不自然な現象が解消される。

【0042】図7は第3の実施例の構成を示す図である。この実施例は音響信号として周波数がある範囲内にある音、例えば、物体が近づいてくるときのイメージを表すような特殊効果音を用いた場合の例を示す。特殊効果音としては、純音・震音（周波数が、ある範囲内を連続的にしかも周期的に変化する音）や一定の帯域幅をもつ音（例えば帯域雑音）などでよいが、本実施例における3次元空間再現システムは、前述の第2の実施例と同様の映像表示装置と、前述の帯域雑音をスピーカ再生する系により構成されている。

【0043】本実施例における音響再生系は、白色雑音源71と、バンドパスフィルタ72と、増幅器73と、スピーカ74R、74Lとから構成されており、白色雑音源71はバンドパスフィルタ72に接続されて、増幅器73を通して、スピーカ74R、74Lに接続されている。バンドパスフィルタ72は、例えば、図8に示すような回路を使用することができ、抵抗値R1、R3の可変抵抗811、813、程抗値がR2の抵抗812、容量Cのコンデンサ814、815、演算増幅器816により構成されている。

【0044】また、奥行き信号発生装置51は、バンドパスフィルタ72の可変抵抗器811、813に接続されている。このようなバンドパスフィルタの、通過帯域の中心周波数 f_c および、利得は前出の(1)、(2)式より与えられるから、可変抵抗器811、813の抵抗値R1、R3を変えることにより、利得を一定に保ったまま中心周波数を可変できる。この回路の特性を図11に示す。次に、本実施例に示す3次元空間再現システムの具体的な動作と効果について説明する。

【0045】第2の実施例と同様に、テレビ映像信号源50から出力される映像信号は、右眼用表示装置53Rと左眼用開示装置53Lに供給され、立体感のある映像を視聴者58に与える。映像信号としてはコンピュータグラフィックス画像などでよい。また、白色雑音源71から出力される白色雑音がバンドパスフィルタ72により帯域制限されて特殊効果音の帯域雑音が得られる。

【0046】一方、音像の距離感については、奥行き信号発生装置51から出力される奥行き信号の振幅が大きいとき（映像の奥行き感が大きいとき）には、可変抵抗器R1、R3の抵抗値を大きくすることにより、バンドパスフィルタ72の通過帯域を低周波域に変え、低周波数域のノイズを発生させ、音像を遠くに定位させることができる。

【0047】反対に、奥行き信号発生装置51から出力される奥行き信号の振幅が小さいとき（映像の奥行き感が小さいとき）には、可変抵抗器R1、R3の抵抗値を小さくすることにより、バンドパスフィルタ72の通過帯域を高周波域に変え、高周波数域のノイズを発生させ、音像をスピーカよりも受聴者に近い位置に定位させることができる。

【0048】本実施例によれば、立体感のある映像と同時に用い、映像の距離情報を用いて音像の距離感を制御することにより、映像と音像の空間位置が一致するとともに、スピーカの位置よりも受聴者の近くに音像を定位させることが可能となるため、音像が画面から飛び出るよりリアルで迫力のある3次元空間が提供できる。

【0049】以上詳述したように、本実施例によれば、アッテネータで6～10kHzの帯域を強調することにより音像を受聴者の近くに定位させることができるし、
10 反対に、6～10kHzの帯域を減衰させることにより音像を遠くに定位させることができるので、自然で臨場感のある3次元音場を提供できる。

【0050】また、スピーカ再生するときには、スピーカの位置よりも受聴者に近い位置に音像を定位させることができ、リアリティや迫力のある3次元音場を提供できる。

【0051】さらに、立体感のある映像と同時に用い、映像の距離情報を用いて音像の距離感を制御することにより、具体的には、距離感の近い映像に対してはアッテネータで6～10kHzの帯域を強調することにより音像までの距離感を小さくすることができるし、反対に距離感の遠い映像に対しては6～10kHzの帯域を減衰させることにより音像までの距離感を大きくできるので、映像と音像の空間位置が一致した、自然で臨場感のある3次元空間が提供できる。さらにヘッドホン受聴する時は、特異現象である音像の頭内定位が解消され、不自然さがなくなる。

【0052】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば、

【0053】(1)残響音の性質といった物理パラメータの模擬ではなく、人間の聴覚上の特性を用いて距離感を制御するものであるから、装置の構成が簡単で、制御も容易で、かつ1系統の回路で、遠近感を実現することが可能な3次元音像制御装置を提供できる。

【0054】(2)立体感のある映像と同時に用い、映像の距離情報を用いて映像の遠近感にあわせて音像の距離感を制御することにより、映像と音像の空間位置が一致し、自然で臨場感のある3次元空間が提供できる。

(3)スピーカ再生する時に、スピーカよりも受聴者の近くに、音像を定位させることができ、リアリティのある3次元空間が提供できる。

(4)ヘッドホン受聴時の特異現象である音像の頭内定位を、従来より簡便に解消でき、不自然さがなくなる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施例の概略を説明するための図である。

【図2】バンドパスフィルタの中心周波数を変化させ、再生音の音像の心理的距離感をバンドパスフィルタの中心周波数毎に評価した結果を示す図である。

【図3】本発明の第1の実施例における3次元音像制御装置全体の構成を示す図である。

【図4】第1の実施例におけるアッテネータの詳細な構成を示す図である。

【図5】本発明の第2の実施例の構成を示す図である。

【図6】第2の実施例におけるアッテネータの詳細な構成を示す図である。

【図7】本発明の第3の実施例の構成を示す図である。

【図8】第3の実施例におけるバンドパスフィルタの詳細な構成を示す図である。

【図9】第1の実施例に係るアッテネータの特性図である。

【図10】第2の実施例に係るアッテネータの特性図で

ある。

【図11】第3の実施例に係るバンドパスフィルタの特性図である。

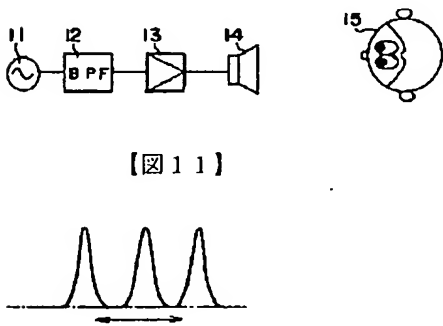
【図12】従来のバイノーラル録音再生方式についての説明図である。

【図13】従来の音像制御装置についての説明図である。

【符号の説明】

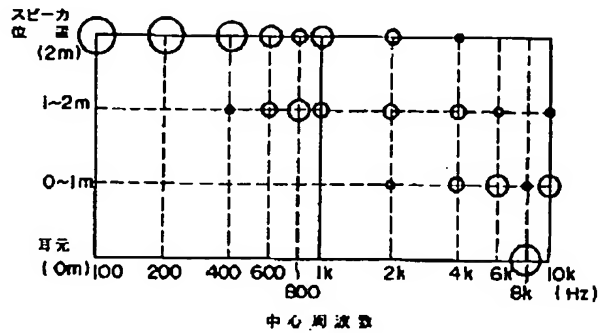
11…白色雑音源、12…バンドパスフィルタ、13、
10 33…増幅器、14、34…スピーカ、31…音響信号源、32…アッテネータ。

【図1】

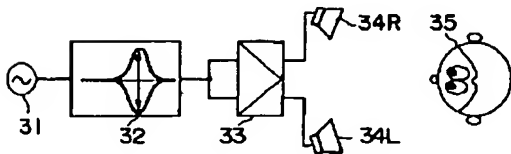


【図11】

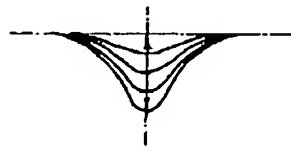
【図2】



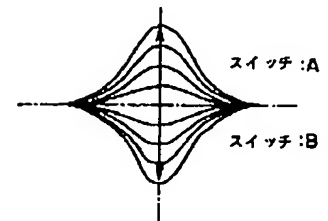
【図3】



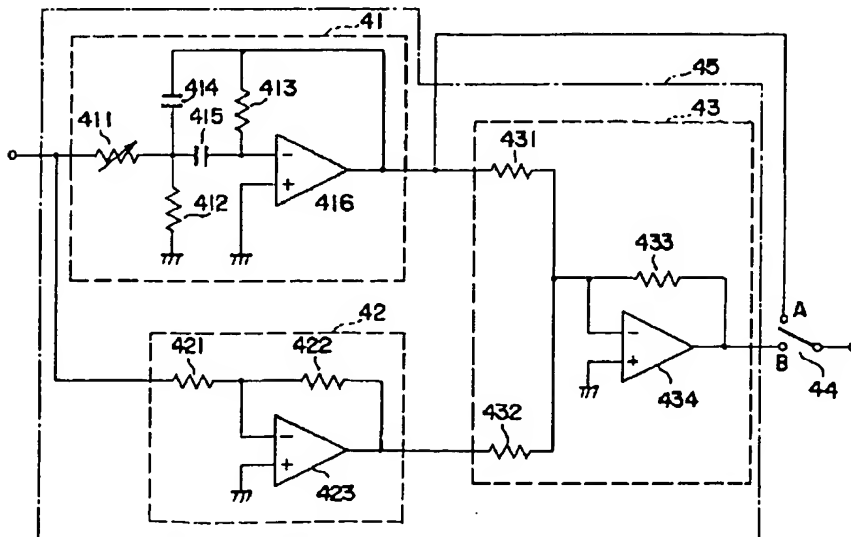
【図10】



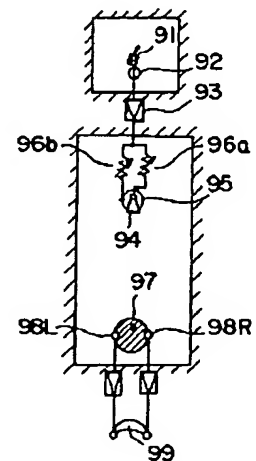
【図9】



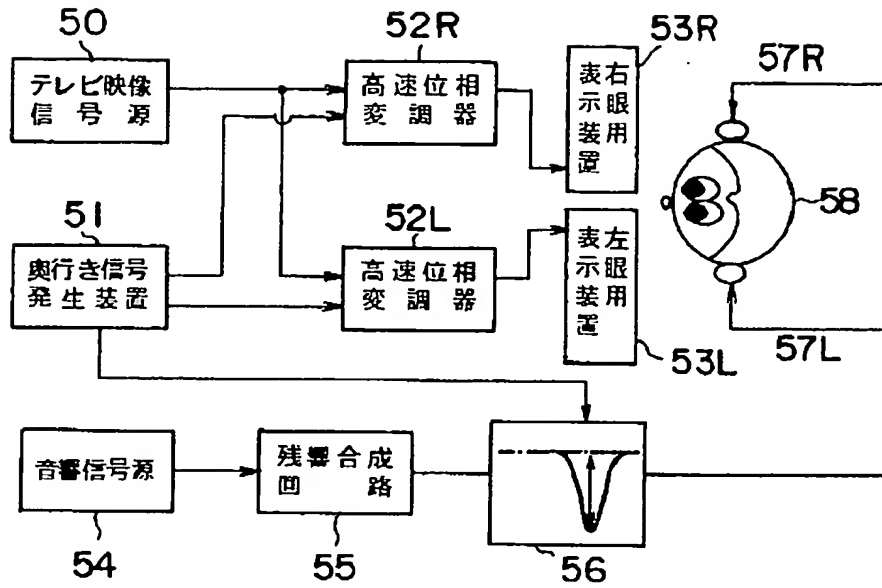
【図4】



【図12】

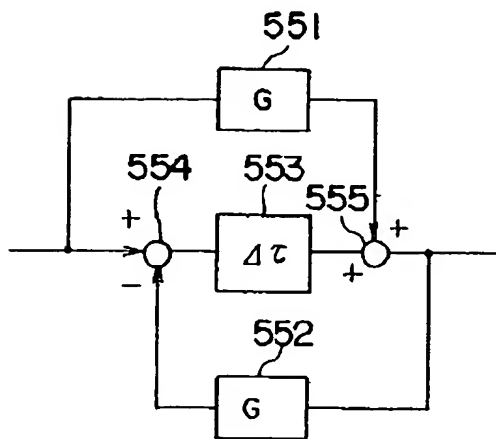
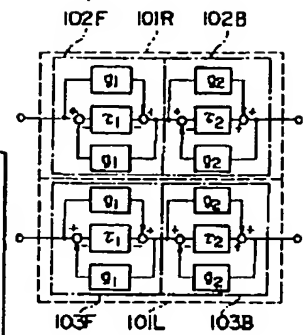


【図5】

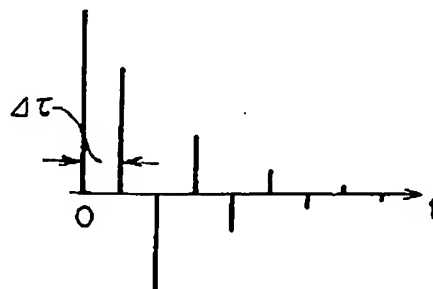


(a)

【図13】

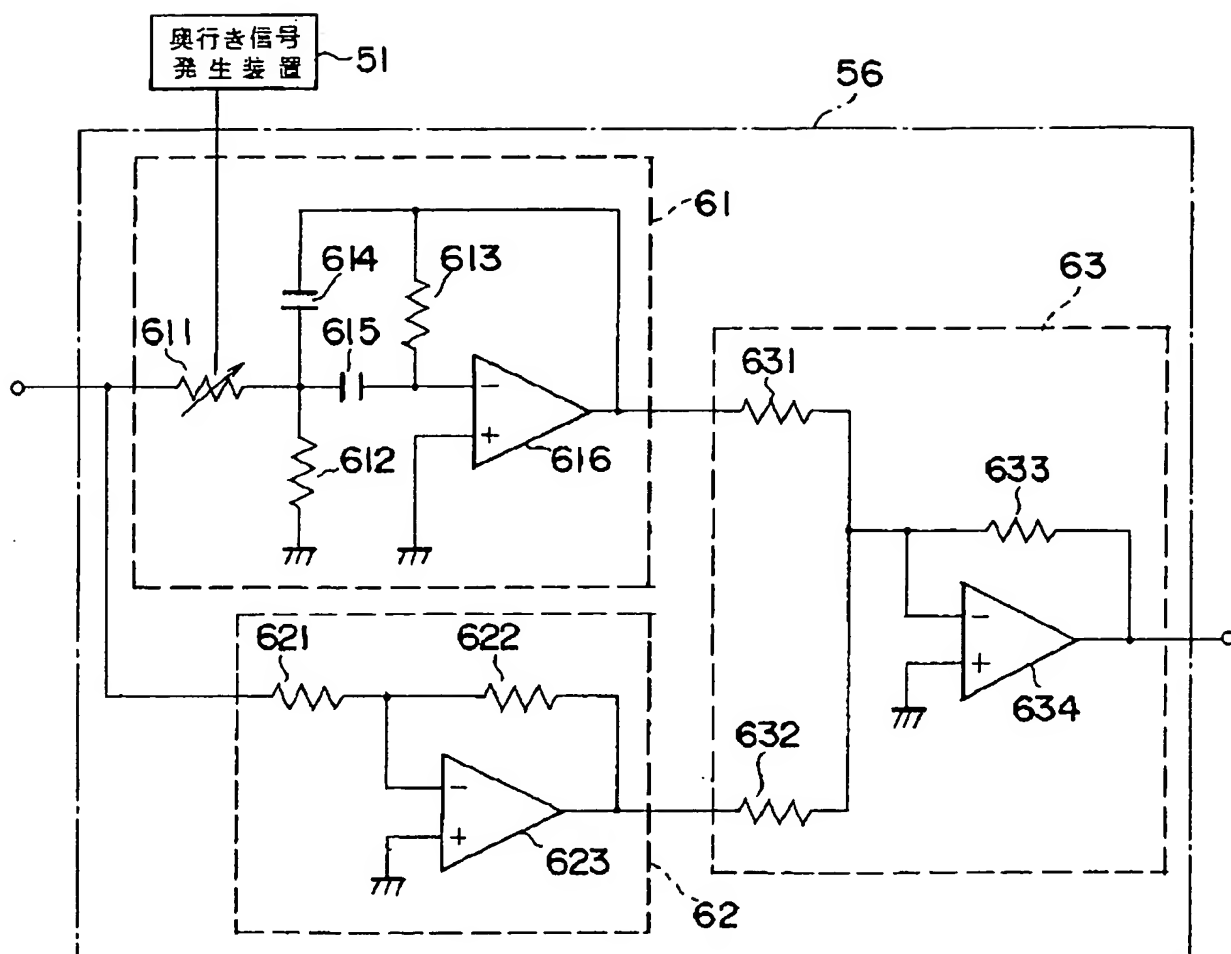


(b)

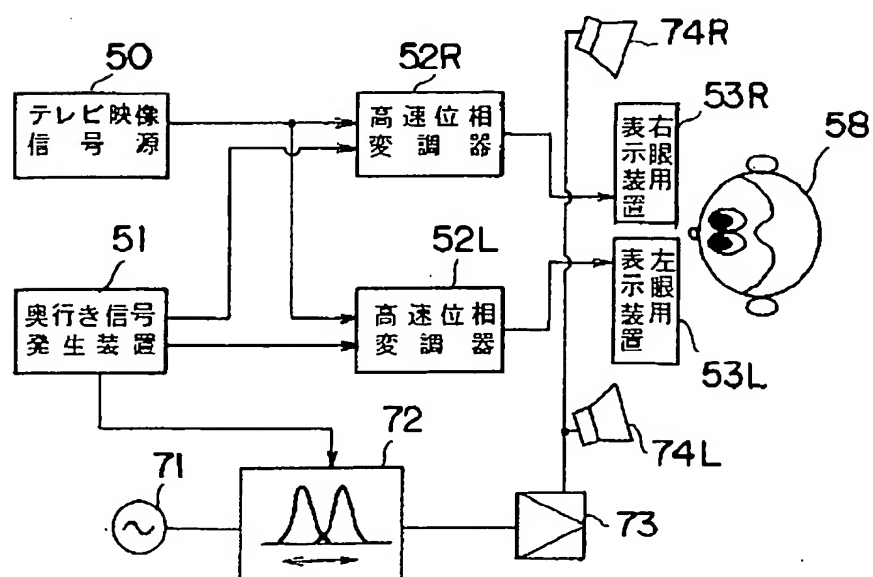


(c)

【図6】

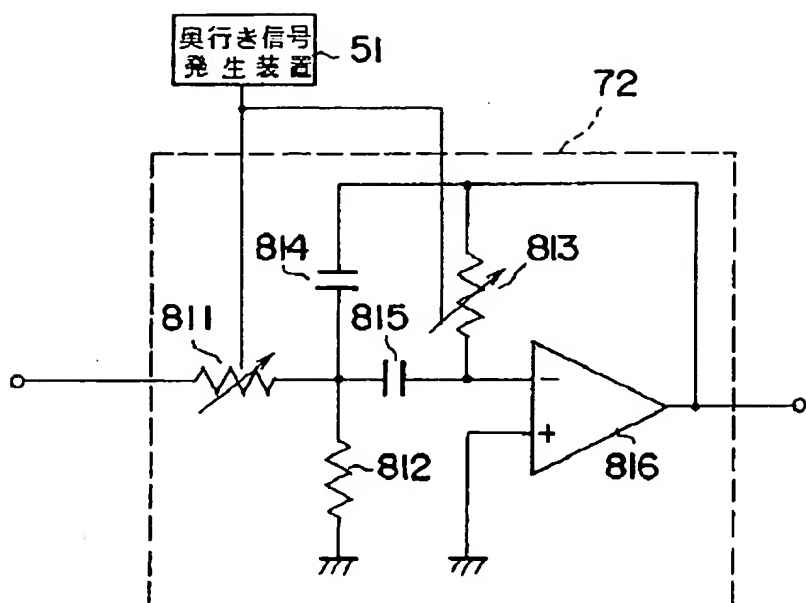


【図7】



(9)

【図8】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.